

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-68538

(P2001-68538A)

(43)公開日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(51)Int.Cl.  
H 01 L 21/68

識別記号

F I  
H 01 L 21/68マーク (参考)  
N  
RC 23 C 16/46  
H 01 L 21/205  
21/3065C 23 C 16/46  
H 01 L 21/205  
21/31

A

審査請求 未請求 請求項の数31 O.L (全 17 頁) 最終頁に読く

(21)出願番号 特願2000-168297(P2000-168297)  
 (22)出願日 平成12年6月5日 (2000.6.5)  
 (31)優先権主張番号 特願平11-173613  
 (32)優先日 平成11年6月21日 (1999.6.21)  
 (33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000219967  
 東京エレクトロン株式会社  
 東京都港区赤坂5丁目3番6号  
 (72)発明者 小美野 光明  
 東京都港区赤坂5-3-6 東京エレクトロン株式会社内  
 (72)発明者 佐々木 麻晴  
 神奈川県津久井郡堺山町町屋1-2-41  
 東京エレクトロン宮城株式会社内  
 (74)代理人 100090125  
 弁理士 浅井 章弘

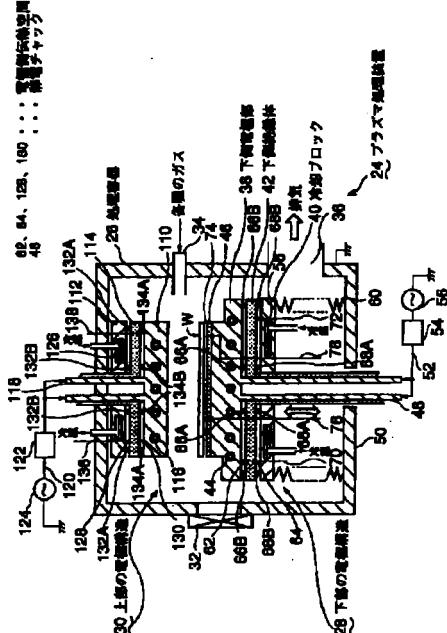
最終頁に読く

## (54)【発明の名称】 電極構造、載置台構造、プラズマ処理装置及び処理装置

## (57)【要約】

【課題】 200°C以上、例えば350~500°C程度の高温域においてもシール性が劣化せずに伝熱ガスが漏れることの少ない電極構造を提供する。

【解決手段】 真空引き可能になされた処理容器26内でプラズマを用いて被処理体Wに対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒーター部44を内部に有する電極部38と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケット58を有する冷却ブロック40と、前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成される僅かな間隙の電極側伝熱空間62、64をシールするための耐熱性メタルシール部材66A~66Gと、前記電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段94とを備える。これにより、200°C以上、例えば350~500°C程度の高温域においてもシール性が劣化せずに伝熱ガスが漏れることのないようする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空引き可能になされた処理容器内でプラズマを用いて被処理体に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒータ部を内部に有する電極部と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成される僅かな間隙の電極側伝熱空間をシールするための耐熱性メタルシール部材と、前記電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする電極構造。

【請求項2】 真空引き可能になされた処理容器内でプラズマを用いて被処理体に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒータ部を内部に有する電極部と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記電極部と前記冷却ブロックとの接合対向面の内、少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられる微少な溝部により形成されたラビリンス伝熱空間と、前記ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする電極構造。

【請求項3】 前記電極部と前記冷却ブロックとの間に絶縁体が介在されており、前記空間は、上側空間と下側空間とに分離されていることを特徴とする請求項1または2記載の電極構造。

【請求項4】 前記絶縁体は、その熱伝導度が80W/mK以上の材料よりなることを特徴とする請求項3記載の電極構造。

【請求項5】 前記絶縁体は、窒化アルミニウム(AIN)よりなることを特徴とする請求項4記載の電極構造。

【請求項6】 前記電熱空間を区画するように上下に接合される部材の接合面の接触率は、40～80%の範囲内に設定されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の電極構造。

【請求項7】 前記電熱空間を区画する部材は、その表面粗さが2.0μm以下に設定されていることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の電極構造。

【請求項8】 前記耐熱性メタルシール部材は、内部に低融点材料を封入した断面リング状の耐熱性金属膜によりなることを特徴とする請求項1、3乃至7のいずれかに記載の電極構造。

【請求項9】 前記耐熱性メタルシール部材の表面には、前記被処理体のプロセス温度の近傍にて軟化する低融点材料によりなる軟化金属膜が被覆されていることを特徴とする請求項1、3乃至8のいずれかに記載の電極構造。

【請求項10】 前記耐熱性メタルシール部材が当接する部材の表面には、前記被処理体のプロセス温度の近傍

にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属層が形成されていることを特徴とする請求項1、3乃至9のいずれかに記載の電極構造。

【請求項11】 前記耐熱性メタルシール部材の表面には、フッ素系ガスに対して耐腐食性の高いフッ化不動体膜が被覆されていることを特徴とする請求項1、3乃至8のいずれかに記載の電極構造。

【請求項12】 前記フッ化不動体膜は、フッ化ニッケルよりなることを特徴とする請求項11記載の電極構造。

【請求項13】 前記加熱ヒータ部は、セラミックヒータよりなることを特徴とする請求項1乃至12のいずれかに記載の電極構造。

【請求項14】 前記加熱ヒータ部は、同心円状にゾーン分割されて個々に制御可能になされていることを特徴とする請求項1乃至13のいずれかに記載の電極構造。

【請求項15】 前記電極部は、前記被処理体の上方に対向する上側電極部であることを特徴とする請求項1乃至14のいずれかに記載の電極構造。

【請求項16】 前記電極部は、前記被処理体を載置する載置台を兼ねる下側電極部であり、更に、この下側電極部の上面に接合されて前記被処理体を吸着する静電チャックと、前記静電チャックと前記被処理体との間に形成される僅かな間隙のチャック側伝熱空間に伝熱ガスを供給するチャック側伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする請求項1乃至14のいずれかに記載する電極構造。

【請求項17】 前記電極側伝熱空間、前記ラビリンス伝熱空間及び前記チャック側伝熱空間の内、少なくとも1つの空間には、この空間に臨ませて耐熱圧力センサが設けられており、この耐熱圧力センサの出力に基づいて前記対応する伝熱ガス供給手段のガス供給量を制御するように構成したことを特徴とする請求項16に記載の電極構造。

【請求項18】 前記電極部の中心は、内部が中空状の支柱により支持されており、前記支柱内には、前記電極部の裏面中心部に向けて気体プロウを吹き付けて脱熱を促進させる気体プロウ手段が設けられることを特徴とする請求項1乃至17のいずれかに記載の電極構造。

【請求項19】 前記電極部の中心は、支柱により支持されており、この支柱は前記冷却ブロックに熱伝導性部材を介して接続されていることを特徴とする請求項1乃至18のいずれかに記載の電極構造。

【請求項20】 真空引き可能になされた処理容器内で被処理体に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、前記被処理体を加熱するための加熱ヒータ部を内部に有する載置台と、この載置台に接合されて内部に前記載置台を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される僅かな間隙の伝熱空間をシールす

るための耐熱性メタルシール部材と、前記伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする載置台構造。

【請求項21】前記耐熱性メタルシール部材の表面には、前記被処理体のプロセス温度の近傍にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜が被覆されていることを特徴とする請求項20に記載の載置台構造。

【請求項22】前記耐熱性メタルシール部材が当接する部材の表面には、前記被処理体のプロセス温度の近傍にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属層が形成されていることを特徴とする請求項20または21に記載の載置台構造。

【請求項23】前記耐熱性メタルシール部材の表面には、フッ素系ガスに対して耐腐食性の高いフッ化不動体膜が被覆されていることを特徴とする請求項20に記載の載置台構造。

【請求項24】前記フッ化不動体膜は、フッ化ニッケルよりなることを特徴とする請求項23記載の載置台構造。

【請求項25】真空引き可能になされた処理容器内で被処理体に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、前記被処理体を加熱するための加熱ヒータ部を内部に有する載置台と、この載置台に接合されて内部に前記載置台を冷却する冷却シャケットを有する冷却ブロックと、前記載置台と前記冷却ブロックとの接合対向面の内、少なくとも一方に同心円状または螺旋状に設けられる微少な溝部により形成されたラビリンス伝熱空間と、ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする載置台構造。

【請求項26】前記電熱空間を区画するように上下に接合される部材の接合面の接触率は、40～80%の範囲内に設定されていることを特徴とする請求項25に記載の載置台構造。

【請求項27】前記電熱空間を区画する部材は、その表面粗さが2.0μm以下に設定されていることを特徴とする請求項25または26に記載の載置台構造。

【請求項28】前記載置台の中心は、内部が中空状の支柱により支持されており、前記支柱内には、前記載置台の裏面中心部に向けて気体プローブを吹き付けて脱熱を促進させる気体プローブ手段が設けられることを特徴とする請求項25乃至27のいずれかに記載の載置台構造。

【請求項29】前記載置台の中心は、支柱により支持されており、この支柱は前記冷却ブロックに熱伝導性部材を介して接続されていることを特徴とする請求項25乃至28のいずれかに記載の載置台構造。

【請求項30】真空引き可能な処理容器と、請求項1乃至19のいずれかに規定する電極構造と、この電極構造に高周波電圧を印加する高周波電源とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項31】真空引き可能な処理容器と、請求項20乃至29のいずれかに規定する載置台構造とを備えたことを特徴とする処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電極構造、載置台構造、処理装置及びプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、半導体集積回路の製造工程においては、被処理体である例えば半導体ウエハに対して成膜処理、エッティング処理、酸化拡散処理等の各種処理が繰り返し行なわれる。この種の処理の中で、例えばベニアウエハに対して酸化膜を成膜する場合のように温度によるダメージを受ける素子や構造、或いは部材がウエハ中に存在しない場合には、例えば800～900°Cの高温で熱処理を行なっても問題はないが、例えば回路素子を多層化する際の層間絶縁膜等を成膜する場合には、上述のように800～900°Cの高温にウエハを加熱すると下層の回路素子や構造が熱的ダメージを受けるので、それ程高くなき温度、例えば300°C程度の低温域でプラズマを用いてCVD (Chemical Vapor Deposition) 成膜を施すことが行われている。

【0003】図24は上記したようなプラズマCVDを行なう従来装置の一例を示す概略構成図である。まず、真空引き可能になされた処理容器2内には、載置台を兼ねる下側電極部4が設置されている。この下側電極部4は、例えばシーズヒータのような加熱ヒータ部6が絶縁状態で埋設されている。具体的には、上記加熱ヒータ部6を例えばアルミニウム等により鍛込むことによりこれを埋設している。そして、このアルミニウム製の下側電極部4の上面に、静電チャッキング用のチャック電極をセラミックス材に埋設してなるセラミック製の静電チャック8をろう付け等により接合して設けており、この上面に半導体ウエハWを静電力により吸着保持するようになっている。

【0004】また、上記下側電極部4の下部には、内部に冷却ジャケット10を有する冷却ブロック12が設けられており、上記冷却ジャケット10と加熱ヒータ部6とをコントロールすることにより、ウエハWを最適な温度に維持するようになっている。そして、この下部電極部4と冷却ブロック12との間を接合したとはいえ、ここに僅かな間隙の伝熱空間14が生じて伝熱効率が低下するので、この伝熱空間14の内外周をOリング等のシール部材16でシールし、ここに例えばArガス、Heガス、窒素ガスなどの不活性ガスよりなる伝熱ガスを導入し、伝熱効率を改善するようになっている。

【0005】また、処理容器2の天井部には、上記下側電極部4と対向させて上側電極部18が設けられている。この上側電極部18内にも、例えばシーズヒータの

のような加熱ヒータ部20が、アルミニウム等により鋳込むことにより埋設されている。そして、この上側電極部18に、プラズマ発生用の高周波電圧を印加するための高周波電源22が接続されており、この上側電極部18と下側電極部4との間にプラズマを発生させてウエハWに対して所定の処理を施すようになっている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、半導体ウエハの処理温度が比較的低い場合、例えば処理温度が約200°C以下の場合にはそれ程問題は生じなかつたが、例えは成膜処理において、成膜速度を上げるために膜質の改善のために、下層の素子や構造等が熱的ダメージを受けない範囲で処理温度を、200°C以上、例えば350～500°C程度まで上昇させることが要請されてきている。しかしながら、このような高温域になると、伝熱空間14を封止していたOリング等のシール部材16が熱分解してシール性が劣化し、封入ガスが漏出するという問題があった。このため、不活性な伝熱ガスが処理容器2内へ流出して伝熱効率が劣化する結果、ウエハWの温度コントロールの精度が劣化したり、或いは、例えは成膜処理において、伝熱ガスにより処理容器2内の成膜ガスが希釈化されることを防止するために、この成膜ガスの流量を化学量論比以上に増大させなければならず、成膜ガスが無駄に消費されるという問題もあった。

【0007】また、伝熱空間14内への伝熱ガスの供給圧力は、圧力センサを高温になる伝熱空間14には設けられることから、供給源側で供給圧力をモニタし、これが適正になるように制御しているが、制御対象領域の圧力を直接検出していないので、ガス圧の制御性が劣らざるを得なかつた。尚、本発明者は、特開平6-232082号公報において、関連技術として低温状態で処理する際のシール構造を提案したが、これは例えは液体窒素で冷却するような超低温におけるシール構造である。本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有效地に解決すべく創案されたものである。

【0008】本発明の目的は、200°C以上、例えば350～500°C程度の高温域においてもシール性が劣化せずに伝熱ガスが漏れることの少ない電極構造、載置台構造、プラズマ処理装置及び処理装置を提供することにある。本発明の他の目的は、内部に介在される絶縁体の変形そり量を抑制し、また、相手部材と均等に接触できるようにし、もって被処理体の温度分布の面内均一性を改善することができる電極構造及び載置台構造を提供することにある。また、本発明の他の目的は、耐熱性メタルシール部材の表面、或いはこのシール部材が接触する相手部材の接触面にプロセス温度にて軟化する低融点材料の軟化金属膜或いは軟化金属層を形成することにより、リークパスの発生を大幅に抑制することが可能な電極構造及び載置台構造を提供することにある。

【0009】また、本発明の他の目的は、耐熱性メタル

シール部材の露出部全表面にフッ化不動体膜を形成することにより、フッ化ガスに対する耐腐食性を向上させることが可能な電極構造及び載置台構造を提供することにある。また、本発明の他の目的は、電熱空間を区画する部材の表面粗さを所定の値以下に設定して熱伝導性を向上させることにより、被処理体の温度コントロール性の向上が可能な電極構造及び載置台構造を提供することにある。また、本発明の他の目的は、温度が高くなる傾向にある電極部や載置台の中心部の脱熱を、気体プロワにより或いは電極部や載置台を支持する支柱を冷却することにより促進させることによって、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることができが可能な電極構造及び載置台構造を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に規定する発明は、真空引き可能なされた処理容器内でプラズマを用いて被処理体に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒータ部を内部に有する電極部と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成される僅かな間隙の電極側伝熱空間をシールするための耐熱性メタルシール部材と、前記電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段とを備えるようにしたものである。このように、耐熱性メタルシール部材を用いることにより、200°C以上、例えば350～500°C程度の高温域においても電極側伝熱空間のシール性を高く維持することが可能となる。

【0011】請求項2に規定する発明によれば、真空引き可能なされた処理容器内でプラズマを用いて被処理体に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒータ部を内部に有する電極部と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記電極部と前記冷却ブロックとの接合対向面の内、少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられる微少な溝部により形成されたラビリンス伝熱空間と、前記ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段とを備えるように構成する。このように、電極部と冷却ブロックとの接合面にラビリンス伝熱空間を設けることにより、200°C以上、例えば350～500°C程度の高温域においても前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成される伝熱空間のシール性を高く維持することができる。

【0012】請求項3に規定する発明によれば、前記電極部と前記冷却ブロックとの間には絶縁体が介在されており、前記空間は、上側空間と下側空間とに分離されている。この場合にも、上側及び下側空間が共に耐熱性メタルシール部材でシールされるので高温域におけるシール性を高く維持することができる。請求項4に規定する

発明によれば、前記絶縁体は、その熱伝導度が80W/mK以上の材料よりなる。これにより、絶縁体の変形そり量を抑制し、この結果、相手部材と均等に接触することから、被処理体の温度分布の面内均一性を改善することが可能となる。

【0013】例えば請求項5に規定するように、前記絶縁体は、窒化アルミニウム(A1N)よりなる。また、例えば請求項6に規定するように、前記電熱空間を区画するように上下に接合される部材の接合面の接触率は、40~80%の範囲内に設定されている。これにより、熱抵抗を過度に高くすることなく、伝熱ガスを面内に略均一に流すことができるので、被処理体の面内温度分布の均一性を更に改善することが可能となる。

【0014】請求項7に規定するように、前記電熱空間を区画する部材は、その表面粗さが2.0μm以下に設定されている。このように、伝熱空間を区画する部材の表面粗さを所定の値以下に設定することにより、熱伝導性を向上させることができ、また、被処理体の温度コントロール性の向上が可能となる。請求項8に規定する発明によれば、前記耐熱性メタルシール部材は、内部に低融点材料を封入した断面リング状の耐熱性金属膜よりなる。これによりシール部材の表面のならい性は高くなり、シール性を一層向上させることができとなる。

【0015】請求項9に規定する発明によれば、前記耐熱性メタルシール部材の表面には、前記被処理体のプロセス温度の近傍にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜が被覆されている。これによれば、プロセス時に上記低融点材料が軟化してこのシール部材との接触面の切れ込みが上記軟化した材料により埋め込まれることによってリーケーパスがなくなり、これにより切れ込みを介して逃げる伝熱ガスを抑制することができる。請求項10に規定する発明によれば、前記耐熱性メタルシール部材が当接する部材の表面には、前記被処理体のプロセス温度の近傍にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属層が形成されている。この場合も、上記請求項8の場合と同様な作用を示す。

【0016】請求項11に規定する発明によれば、前記耐熱性メタルシール部材の表面には、フッ素系ガスに対して耐腐食性の高いフッ化不動体膜が被覆されている。これにより、フッ化ガスに対する耐腐食性を向上させることができとなる。この場合、例えば請求項12に規定するように、前記フッ化不動体膜は、フッ化ニッケルよりなる。請求項13に規定するように、前記加熱ヒータ部は、セラミックヒータにより形成してもよい。

【0017】請求項14に規定するように、前記加熱ヒータ部は、同心円状にゾーン分割されて個々に制御可能としてもよい。請求項15に規定するように、例えば前記電極部は、前記被処理体の上方に対向する上側電極部である。請求項16に規定するように、例えば前記電極部は、前記被処理体を載置する載置台を兼ねる下側電極

部であり、更に、この下側電極部の上面に接合されて前記被処理体を吸着する静電チャックと、前記静電チャックと前記被処理体との間に形成される僅かな間隙のチャック側伝熱空間に伝熱ガスを供給するチャック側伝熱ガス供給手段とを備える。

【0018】請求項17に規定するように、前記電極側伝熱空間、前記ラビリンス伝熱空間及び前記チャック側伝熱空間の内、少なくとも1つの空間には、この空間に臨ませて耐熱圧力センサが設けられており、この耐熱圧力センサの出力に基づいて前記対応する伝熱ガス供給手段のガス供給量を制御するようとしてもよい。これによれば、耐熱圧力センサにより制御対象空間の圧力を直接測定しているので、ガス圧の制御性を向上させることができる。請求項18に規定するように、前記電極部の中心は、内部が中空状の支柱により支持されており、前記支柱内には、前記電極部の裏面中心部に向けて気体プロウを吹き付けて脱熱を促進させる気体プロウ手段が設けられている。これによれば、温度が高くなる傾向にある電極部の中心部の脱熱を促進させることができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることができとなる。

【0019】請求項19に規定するように、前記電極部の中心は、支柱により支持されており、この支柱は前記冷却ブロックに熱伝導性部材を介して接続されている。この場合にも、上記請求項18と同様な作用により、載置台の中心部の脱熱を促進させることができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることができとなる。請求項20に規定する発明は、真空引き可能になされた処理容器内で被処理体に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、前記被処理体を加熱するための加熱ヒータ部を内部に有する載置台と、この載置台に接合されて内部に前記載置台を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される僅かな間隙の伝熱空間をシールするための耐熱性メタルシール部材と、前記伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする。このように、耐熱性メタルシール部材を用いることにより、200°C以上、例えば350~500°C程度の高温域においても前記伝熱空間のシール性を高く維持することができる。

【0020】請求項21~24に係る発明は、先の請求項8~11の発明を載置台構造に適用したものである。請求項25に規定する発明は、真空引き可能になされた処理容器内で被処理体に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、前記被処理体を加熱するための加熱ヒータ部を内部に有する載置台と、この載置台に接合されて内部に前記載置台を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記載置台と前記冷却ブロックとの接合対向面の内、少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられる微少な溝部により形

成されたラビリンス伝熱空間と、ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする。このように、載置台と冷却ブロックとの接合面にラビリンス伝熱空間を設けることにより、200 °C以上、例えば350～500 °C程度の高温域においても前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される伝熱空間のシール性を高く維持することが可能となる。

【0021】請求項26～29に係る発明は、先の請求項6、17～19の発明を載置台構造に適用したものである。請求項30に規定する発明は、真空引き可能な処理容器と、請求項1乃至9のいずれかに規定する電極構造と、この電極構造に高周波電圧を印加する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置である。請求項31に規定する発明は、真空引き可能な処理容器と、請求項20または29のいずれかに規定する載置台構造とを備えたことを特徴とする処理装置である。

【0022】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る電極構造、載置台構造、処理装置及びプラズマ処理装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を示す構成図、図2は耐熱性メタルシール部材を示す断面図、図3は本発明の電極構造(下側電極部側)の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図、図4は耐熱圧力センサの概略構成図、図5は本発明の電極構造(上側電極部側)の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。図示するように、このプラズマ処理装置24は、例えばアルミニウムよりなる円筒体状の処理容器26を有しており、この中の底部側には、被処理体としての半導体ウエハWを載置する載置台としても機能する下部の電極構造28が設けられると共に、天井部には上部の電極構造30が設けられる。

【0023】この処理容器26の側部には、半導体ウエハWを処理容器26内へ搬入搬出する際に開閉されるゲートバルブ32と、例えばシリコンや酸素などの成膜ガス等の各種のガスを導入するガスノズル34が設けられる。尚、このガスノズル34に替えて、上記上部の電極構造30の下面に、例えば石英製のシャワーヘッドを設けるようにしてもよい。また、この処理容器26の下部側壁には、図示しない真空ポンプ等を介設した真空排気系に接続された排気口36が設けられており、処理容器26内を真空引き可能としている。

【0024】上記下部の電極構造28は、実質的な載置台を兼ねる下側電極部38と、この下方に配置される冷却ブロック40と、この下側電極部38と冷却ブロック40との間に介在されて両者を電気的に絶縁する下側絶縁体42とにより主に構成されている。具体的には、上記下側電極部38は例えばアルミニウムよりなり、この中には、渦巻状或いは同心円状に巻回されたシースヒータよりなる加熱ヒータ44が鍛込みにより埋め込まれており、ウエハWを加熱し得るようになっている。そし

て、この下側電極部38の上面には、内部にチャック電極を埋め込んだ例えばセラミック製の静電チャック46がろう付け等により接合されており、この上面にウエハWを吸着して保持するようになっている。そして、この下側電極部38の下方に延びる導電性の支柱48は、容器底部50を貫通しており、この支柱48にはリード線52を介してマッチング回路54及びバイアス用高周波電源56が接続されている。この支柱48には、図示しない昇降機構が取り付けられており、これを昇降移動できるようになっている。

【0025】一方、冷却ブロック40は、上記下側電極部38と同様に例えばアルミニウムにより構成されており、内部には冷媒を流すための中空リング状の冷却ジャケット58が形成されている。そして、この冷却ジャケット58に冷媒を流すことにより、上記下側電極部38を介してウエハWを冷却するようになっている。実際には、この冷却ジャケット58と加熱ヒータ部44とを選択的に、或いは同時に駆動することにより、ウエハ温度を適正値になるように制御することになる。そして、この冷却ブロック40の下面と上記容器底部50とは伸縮可能になされたペローズ60により接合されており、この下部の電極構造28に対して、処理容器26内の気密性を維持したまま上下移動を許容している。また、下側電極部38と冷却ブロック40との間に介在される下側絶縁体42は例えば厚さが20mm程度のリング状の石英ガラスよりなり、この下側絶縁体42は、上記下側電極部38より下方へ延びる支柱48の外周も被っており、この支柱48も絶縁している。

【0026】そして、上記下側電極部38と下側絶縁体42及び下側絶縁体42と冷却ブロック40は共に上下に接合されるが、これらの間にそれぞれ僅かな間隙の空間、すなわち上側電極側伝熱空間(上側空間)62と下側電極側伝熱空間(下側空間)64が発生することは避けられない。これらの両伝熱空間62、64に対して何ら手段を講じないと両伝熱空間62、64は処理容器26内へ連通していることからプラズマ処理時に両伝熱空間62、64内が真空状態となって上下方向への伝熱効率が低下してしまう。そのため、リング状の両伝熱空間62、64の内周側及び外周側には、それぞれリング状に耐熱性メタルシール部材66A、66B、68A、68Bが介在されており、両伝熱空間62、64の気密性を高く維持している。更に、シール部材66A～68Bの気密性を高く維持しても、僅かにガスが漏れることは避けないので、両伝熱空間62、64には、それぞれガス供給通路70、72が接続されており、後述するように圧力制御されたAr、He、N<sub>2</sub>等の不活性ガスより成る伝熱ガス、例えばN<sub>2</sub>ガスを供給できるようになっている。

【0027】また、上記したと同様な理由で、プラズマ処理時における下側電極部38及び静電チャック46側

からウェハWへの伝熱効率を上げるために、静電チャック46の上面とウェハWの裏面との間に形成されるチャック側伝熱空間74にも伝熱ガスを供給する2本のガス供給通路76、78が設けられる。この場合、チャック側伝熱空間74におけるガス拡散速度が遅いので、例えば一方のガス供給通路76は、静電チャック46の中心側に供給するために用い、他方のガス供給通路78は静電チャック46の周辺側に供給するために用いる。尚、チャック側伝熱空間74へのガス供給の態様は、これに限定されない。

【0028】次に、上記耐熱性メタルシール部材66A～68Bの構造について図2を参照して説明する。ここでは全てのシール部材66A～68Bの構造は同じなので、シール部材66Aを例にとって説明する。図2

(A)に示す耐熱性メタルシール部材66Aは、例えばステンレススチール、インコネル(商品名)、ハステロイ(商品名)等の金属よりなる厚さが例えば0.1～1.0mm程度の薄い耐熱性金属膜79を断面円形のリング状に形成して構成されている。この断面の直径L1は3～4mm程度であり、押圧力に対して弾力性を持たせている。図2(B)に示す耐熱性メタルシール部材66A-1は、図2(A)に示す耐熱性金属膜79の断面形状の側面の一部に切り欠き80を設けている。この切り欠き80は、リング状のシール部材66A-1の周方向に沿って形成されており、断面方向へ屈曲することにより弾性を持たせている。図2(C)に示す耐熱性メタルシール部材66A-2は、図2(B)に示したような断面形状の耐熱性金属膜79の内部の空間部に、例えばね用ステンレス鋼等よりなるコイル状もしくは板バネ状のスプリング部材82を挿入しており、これにより押圧された時の弾发力を高めてシール性を向上させるようになっている。

【0029】図2(D)に示す耐熱性メタルシール部材66A-3は、図2(A)に示す断面円形の耐熱性金属膜79の内部に、プロセス温度よりも低い温度で溶融する低融点材料84を封入して表面のならい性を良好にしている。この低融点材料84としては例えば略156.4°Cの融点を有するインジウムや略150度の融点を有するハンダ等を用いることができる。この場合、金属膜79の厚さは、弾力性よりもならい性を重視するために非常に薄くしており、例えば1.0μm～500μm程度の厚さに設定する。図2(E)に示す耐熱性メタルシール部材66A-4は、図2(B)に示すような一部に切り欠き80を設けたような断面形状の耐熱性金属膜79に更に、内側へ屈曲させた凸部86を設けており、弾力性を高めてシール性を向上させるようにしたものである。耐熱性メタルシール部材66A～68Bとしては、上述した構造の内、どのようなものを採用してもよい。

【0030】次に、図3を参照して上記電極側伝熱空間62、64及びチャック側伝熱空間74への伝熱ガスの

供給系について説明する。図3に示すように、各電極側伝熱空間62、64及びチャック側伝熱空間74へ連通される各ガス供給通路70、72、76、78には、それぞれマスフローコントローラのような流量制御機器88A～88Dが介設されて伝熱ガス源であるN<sub>2</sub>ガス源90、92に接続されており、それぞれ電極側伝熱ガス供給手段94とチャック側伝熱ガス供給手段96を構成している。尚、N<sub>2</sub>ガス源90、92は共用してもよい。そして、各流量制御機器88A～88Dは、各伝熱空間62、64、74に設けられる耐熱圧力センサ98A～98Dの検出値に基づいて、制御部100により制御されることになる。具体的には、各ガス供給通路70、72、76、78のガス出口70A、72A、76A、78Aの近傍に上記各耐熱圧力センサ98A～98Dは設けられており、対応する空間部分の圧力を検出するようになっている。尚、図3中の66C～66Gは上述したと同様な構造の耐熱性メタルシール部材であり、各ガス供給通路をシールしている。ここで上記各耐熱圧力センサ98A～98Dは、全て同様な構造となっており、このセンサ構造を例えばセンサ98Aを例にとって図4を参照して説明する。

【0031】図4に示すように、耐熱圧力センサ98Aが取り付けられるベース、ここでは下側絶縁体42の表面に凹部102を形成し、この凹部102の開口部分を屈曲可能なセラミック板、或いは金属板よりなるベース板104、ろう剣106等により気密に封止する。この際、凹部102内を所定の圧力(例えば大気圧程度)としておく。そして、このベース板104の表面には、予め、例えばニッケルとクロムの合金等よりなる抵抗パターン108が、ベース板104に対して絶縁状態(ベースが金属の場合)で形成されており、ベース板104の屈曲変形(図中、一点鎖線で示す)に追従して、この抵抗パターン108も伸縮して抵抗変化が生ずるようになっている。そして、この伸縮に伴う微少な抵抗変化をリード線110を介して制御部100にて電気的に検出するようになっている。この微少な抵抗変化は、例えばホールエフェクトセンサを用いて検出すればよい。尚、この場合、制御部100には、図示しない温度補償回路を設けて、温度変化に伴って発生する抵抗パターン108の抵抗変化をキャンセルするようになっている。また、この耐熱圧力センサ98Aの構成は、本発明装置のプロセス温度に耐え得るならば、上述したような構成に限定されない。

【0032】次に、図1に戻って、上部の電極構造30について説明する。この上部電極構造30の基本的構造は、上述した下部の電極構造28と同じである。すなわち、この上部の電極構造30は、上側電極部110と、この上方に配置される冷却ブロック112と、この上側電極部110と冷却ブロック112との間に介在されて両者を電気的に絶縁する上側絶縁体114とにより主に

構成されている。具体的には、上記上側電極部110は、例えばアルミニウムよりなり、この中には、先に説明した下側電極部38内の加熱ヒータ部44と同じ構造の渦巻状或いは同心円状に巻回された加熱ヒータ部116が埋め込まれている。そして、この上側電極部114の上方に延びる導電性の支柱118は、容器天井部を貫通しており、この支柱118には、リード線120を介してマッチング回路122及びプラズマ発生用の高周波電圧を印加するプラズマ発生用高周波電源124が接続されており、処理空間にプラズマを発生させるようになっている。

【0033】また、冷却ブロック112は、上記下側電極部38と同様に例えばアルミニウムにより構成されており、内部には冷媒を流すための中空リング状の冷却ジャケット126が形成されている。そして、この冷却ジャケット126に冷媒を流すことにより、上記上側電極部110を冷却してこれを一定温度、例えば下側電極部38と同じ温度に保つようになっている。実際には、この冷却ジャケット126と加熱ヒータ部116とを選択的に、或いは同時に駆動することにより、上部電極温度を適正値になるように制御することになる。このように、上側電極部110の温度制御を行なう理由は、上側電極部110が昇温してウエハまたは下側電極部38より高温になると、両者間で熱輻射が起り、熱変動の原因となるからである。また、上側電極部110と冷却ブロック112との間に介在される上側絶縁体114は例えば厚さが20mm程度のリング状の石英ガラスよりなり、この上側絶縁体114は、上記上側電極部110より上方へ延びる支柱118の外周も被っており、この支柱118も絶縁している。

【0034】そして、上記上側電極部110と上側絶縁体114及び上側絶縁体114と冷却ブロック112は共に上下に接合されるが、これらの間にそれぞれ僅かな間隙の空間、すなわち上側電極側伝熱空間（上側空間）128と下側電極側伝熱空間（下側空間）130が発生することは避けられない。そのため、下部の電極構造28の場合と同様に、リング状の両伝熱空間128、130の内周側及び外周側には、それぞれリング状に耐熱性メタルシール部材132A、132B、134A、134Bが介在されており、両伝熱空間128、130の気密性を高く維持している。更に、両伝熱空間128、130には、それぞれガス供給通路136、138が接続されており、以下に説明するように圧力制御されたAr、He、N<sub>2</sub>等の不活性ガスより成る伝熱ガス、例えばN<sub>2</sub>ガスを供給できるようになっている。すなわち、図5に示すように、各電極側伝熱空間128、130へ連通される各ガス供給通路136、138には、それぞれマスフローコントローラのような流量制御機器88E、88Fが介設されて伝熱ガス源であるN<sub>2</sub>ガス源140に接続されており、電極側伝熱ガス供給手段142

を構成している。

【0035】そして、各流量制御機器88E、88Fは、各伝熱空間128、130に設けられる耐熱圧力センサ98E、98Fの検出値に基づいて、制御部144により制御されることになる。尚、この制御部144は先の制御部100と共用してもよい。具体的には、各ガス供給通路136、138のガス出口136A、138Aの近傍に上記各耐熱圧力センサ98E、98Fは設けられており、対応する空間部分の圧力を検出するようになっている。これらの各センサ98E、98Fは先に図4において説明したと同様な構成である。

【0036】次に、以上のように構成された本実施例の動作について説明する。まず、下部の電極構造28を、所定の搬出搬入位置まで下方へ降下させた状態で、開放状態になされているゲートバルブ32を介して半導体ウエハWを処理容器26内へ搬入し、これを載置台を兼ねるブリヒートされた下側電極部38の上面に載置し、静電チャック46によりウエハWを吸着保持する。ここで下部電極部38や上部電極部110は、スループットを向上させるために、予め約350～500°Cに予備加熱されている。そして、この状態で下部の電極構造28を所定のプロセス位置まで上昇させ、これと同時に、下側電極部38の加熱ヒータ部44及び上側電極部110の加熱ヒータ部116への供給電力を大きくして、ウエハWを所定のプロセス温度、例えば500°C程度まで昇温する。尚、予めプロセス温度まで加熱されている場合は、昇温は不要である。そして、ガスノズル34から所定の成膜ガス、例えばSiH<sub>4</sub>、SiF<sub>4</sub>、O<sub>2</sub>等を処理空間に供給し、同時に図示しない真空ポンプを駆動して処理容器26内の雰囲気を、排気口36から真空引きして処理容器26内の圧力を所定のプロセス圧力に維持する。

【0037】そして、プラズマ発生用高周波電源124から例えば13.56MHzのプラズマ発生用の高周波電圧を上側電極部110に印加し、これと同時に、バイアス用高周波電源56から下側電極部38にバイアス用の高周波電圧を印加する。これにより、処理空間には、プラズマが生成し、成膜ガスは活性化されて反応し、ウエハWの表面に例えばSiOF等の所定の成膜が施されることになる。このようにして、プラズマ処理が開始されると、このプラズマ自体によってウエハW及び上側電極部110が次第に加熱されるので、各冷却ブロック40及び112に設けた冷却ジャケット58、126を駆動し、これら冷却ジャケット58、126と加熱ヒータ部44、116を適正に制御してウエハWの温度がプロセス温度を維持するようにコントロールする。尚、冷却ジャケット58、126の冷媒としては、水或いはガルデン（商品名）等を用いることができる。

【0038】さて、このような状況下において、ウエハWの温度コントロール性を維持するために、上記各伝熱

空間62、64、74、128、130に対応する各ガス供給手段から伝熱ガスとしてArガスを供給し、この伝熱空間内を例えば10~20 Torr程度の一定の圧力に維持するようになっている。ここで、各伝熱空間をシールするために、図2に示されたような構造の耐熱性メタルシール部材66A、66B、68A、68B、132A、132B、134A、134Bを用いているので、プロセス温度が500°C程度まで高くてもこのシール性を高く維持して処理容器26内側へ漏れ出る伝熱ガスを抑制することができる。従って、伝熱ガスをそれ程消費することなく高い伝熱効率を維持してウエハWの温度コントロールを精度良く行なうことができる。また、各伝熱空間62、64、74、128、130には、500°C程度の高温にも耐え得るような図4に示したような構成の耐熱圧力センサ98A~98Fを設けて圧力を検出し、これが所定の一定値を維持するように伝熱ガスの流量を制御しているので、高い精度でガス圧力をコントロールすることができる。特に、上述のように、圧力制御の対象となる各伝熱空間の圧力を各センサにより直接検出するようになっているので、ガス供給系途中のガス圧を検出して圧力制御した従来方法とは異なり、応答の速い、且つより精度の高い圧力制御を行なうことができる。

【0039】特に、静電チャック46の表面のウエハWが位置ずれしたり、ゴミを挟み込むなどして適正に載置されていない場合には、伝熱ガスを供給してもこの部分のチャック側伝熱空間74の圧力は迅速には所定の値まで上昇しないので、この現象を応答速度の速い上記センサ98C(あるいは98D)ならば直ちに検出して、ウエハWの載置不良等を認識判別することができる。また、下側絶縁体42或いは上側絶縁体114を設けたので、各冷却ジャケット58及び126に流れる冷媒として絶縁性の高くない冷媒(例えば水)を用いる場合でも、この冷媒を介して外部(冷媒の循環器等)に高周波電流が漏れることを防止し、高周波電力をプラズマ生成のために効率良く使用することができる。

【0040】次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体114の材質の変形例について図6及び図8も参照して説明する。図6は絶縁体が反って変形する状態を説明するための説明図、図7は絶縁体の熱伝導度と反り量(変形量)との関係を示すグラフである。図1に示す実施例では絶縁体42、114として単なる石英ガラスを用いたが、これは熱伝導度が低いので、例えば下側絶縁体42を例にとるとその上面が高温の下側電極部38と接して下面が冷却ブロック40に接することから上面と下面との間で大きな温度差が生じる。この結果、例えば温度差がない時には、図6(A)に示すように下側絶縁体42は平坦であるが、図6(B)に示すように、例えば上面が200°C、下面が50°Cのように150°C程度も温度差が生ると、上下面の熱膨張差によって、この場合に

は下方向へ曲がって反りが生じて変形してしまう。この時の反り量は、この絶縁体42を構成する材料の熱伝導率、熱膨張係数、寸法形状等によって決まる。このような反り量が大きいと、上下の両面が上側電極部38や冷却ブロック40と均等に当接せずに偏当たりするようになり、この結果、下側電極部38から熱がその面内均一に脱熱されなくなり、ウエハ温度に偏りが生じてウエハ温度の面内均一性が劣化する傾向となってしまう。

【0041】そこで、ここでは下側絶縁体42として、熱伝導度が良好なもの、ここでは本実施例で許容される反り量△Lを例えば15μmに設定すると、熱伝導度が80W/mK(メートルケルビン)以上の材料を用いる。このような材料としては、絶縁性があって、熱伝導度が80W/mK以上ならば、どのような材料でもよいが、例えばセラミック材の中では、窒化アルミニウム(A1N)を用いることができる。図7は絶縁体の熱伝導度と反り量との関係を示すグラフであり、図示するように熱伝導度が80W/mK以上ならば反り量は許容量の15μm以下となっていることが判明する。この時の実験条件は、絶縁体の直径は230mm、厚さは12mm、上面からの入熱は1500Wである。また、絶縁体の特性に関しては、ヤング率が300GPa、ポアソン比が0.33、熱膨張係数が5.0×10<sup>-6</sup>K<sup>-1</sup>である。このように、熱伝導度が高い材料で絶縁体42を形成することにより、上下面間の温度差が少くなり、結果的にその反り変形量を抑制することが可能となる。この結果、この絶縁体42が上下の部材と偏当たりしなくなるので、ウエハ温度の面内均一性を高く維持することが可能となる。このような現象は、下側絶縁体42のみならず、上側絶縁体114にも当てはまるので(反り方向は上述とは逆方向となる)、上側絶縁体114も熱伝導度が80W/mK以上の窒化アルミニウムで構成するのが好ましい。

【0042】次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体114の面構造の変形例について、図8及び図9も参照して説明する。図1、図3及び図5等においては、説明を理解し易くするために、各伝熱空間62、64、128、130は幅を大きくして記載しているが、実際には各シール部材は四部状の溝内に設置されており、また、構造物は高さ方向に高い圧力で締め付け固定されているので、上記各伝熱空間の隙間はほとんど生じないが、ミクロ的に見れば、これらの各伝熱空間を区画する各部材の接合面は、不規則な多数の点接触状態となり、その隙間を不規則な経路に沿って伝熱ガスが流れることになる。そのため、上下方向における伝熱効率が場所によって異なるので、ウエハ温度の面内均一性が劣化する傾向となる。

【0043】そこで、この実施例では、各伝熱空間62、64、128、130を区画するように上下に接合される接合面に伝熱ガスが流れるガス溝を面内に略均一

に設け、その両接合面が接する接触率を例えば40~80%の範囲内に設定するようにしている。すなわち、例えば下側絶縁体42の上面或いは下面、またはその双方に面内全体に亘ってメッシュ状、或いは格子状に所定の幅のガス溝200(図9参照)を刻んで形成する。すると、このガス溝200に沿って伝熱ガスは流れるので、絶縁体42の全面に亘って略均等に伝熱ガスが行き亘ることになる。この結果、絶縁体の略全面において上下方向の伝熱効率が均一となり、ウエハの温度分布の均一性を改善することが可能となる。この場合、接触率が過度に小さくなると、上下方向における熱抵抗が大きくなり過ぎて、ウエハの温度コントロール性が劣化するので、その接触率の下限は上述のように40%程度である。

【0044】ここで、最適な接触率を実験で求めたので、その結果について図8及び図9を参照して説明する。図8は種々の幅のガス溝を部材の接触面に設けた時の各種の接触率を示す図、図9は接触率に対する熱抵抗と温度分布のばらつきとの関係を示すグラフである。ここで接触率とは絶縁体の表面にガス溝を形成した時のガス溝の形成面積に対する残りの面積の比を言う。図8においては、ガス溝200が形成された絶縁体42の表面の一部が示されており、正方形の部分が接触面となっている。ここで接触面202の一辺とガス溝200の幅の比が7:1の時は接触率は77%(図8(A)参照)、上記比が2:1の時は接触率は44%(図8(B)参照)、上記比が1:2の時は接触率は11%(図8(C)参照)、上記比が1:5の時は接触率は2.7%(図8(D)参照)となる。尚、ガス溝200を何ら設けない時は、接触率は100%である。

【0045】さて、以上のようにして定まる接触率を種々変更して熱抵抗とウエハ面内の温度分布のばらつき $\Delta T$ を調べた結果が図9に示されている。尚、温度分布のばらつきは、ウエハ面内の温度の最高値と最小値の差をとっている。ここで、プロセスの種類にもよるが、一般的な熱処理では温度分布のばらつきは30°C以内であることが要求される。また、熱抵抗が過度に大きいと、電極からの脱熱(冷却)が円滑に行かなくなるので、加熱ヒータのパワーや冷却ブロックの冷媒流量等を制御してもその反応が鈍くなり、ウエハの温度コントロール性が劣化してしまうので、その上限は0.1K/W程度である。従って、両者を満足するには、接触率を40~80%の範囲内に設定する必要があることが判明する。このように、熱抵抗を過度に高くすることなく伝熱ガスを面内方向に略均一に流すことができるので、ウエハの面内温度分布の均一性を更に改善することが可能となる。

尚、上記ガス溝200は、下側絶縁体42の上面、下面、上側絶縁体114の上面、下面のみならず、これらの各面と対向接する電極部の面や冷却ブロックの面にも適用できるのは勿論である。

【0046】次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体11

4の表面粗さRaを規定した変形例について図10乃至図12も参照して説明する。図1における各伝熱空間62、64、128、130を区画する各部材の表面粗さは、両部材間の実際の接触面積や両部材間の実際の距離に影響を与えるので、これによって、両部材間の伝熱効率、すなわち熱抵抗も影響を受ける。図10はその一例として下側電極部38の下面と下側絶縁体42の上面との間に形成される伝熱空間62の一部をミクロ的に拡大した模式図を示しており、表面粗さに依存して、両部材間の実際の接触面積や実際の距離が変化し得る点が開示されている。このような熱抵抗が大きくなると、電極部38からの脱熱(冷却)が円滑に行かなくなる、ウエハ温度のコントロール性を低下させる恐れが生ずる。

【0047】これを図11を参照して説明する。図11は図1に示す電極構造28を模式的に示した図であり、プラズマ等によりウエハWにはQwの熱量が入り、また、加熱ヒータ部44からは最大Pwの熱量を投入できるものとする。そして、冷却ブロック40では熱量Xwの脱熱(冷却)を行なっているものと仮定する。ここで、絶縁体42の上下の境界部分(伝熱空間)における熱抵抗が大きいと、脱熱の熱量Xwを大きく取れなくなることから電極部38に大きな熱量が貯まつてくるので、ここでの加熱ヒータ部44の出力パワーを抑制しなければならず、このため、ウエハWを適正なプロセス温度に維持するための温度コントロール性が劣化してしまう。そこで、この実施例では、絶縁体42の上下の境界部分の表面粗さRaを2.0μm以下に設定することにより、熱抵抗を0.1K/W以下になるように設定している。このように、熱抵抗が0.1K/Wよりも小さくなると、図1において脱熱のための熱量Xwを大きくすることができるので、その分、加熱ヒータ部44に大きな電力を投入でき、従って、ウエハ温度をコントロール性良好に制御することが可能となる。

【0048】ここで、図12を参照して熱抵抗及び表面粗さの各上限値について説明する。図12は絶縁体の表面粗さRaと熱抵抗との関係を示すグラフである。このグラフから明らかのように、表面粗さRaが大きくなる程、熱抵抗も大きくなっている。現行の電極構造では、加熱ヒータ部44のパワーや冷却ブロック40の冷却容量を考慮すると、脱熱の熱量は例えば少なくとも5W(ワット)/cm<sup>2</sup>以上必要であり、この時の熱抵抗は略0.1K/Wである。従って、表面粗さRaは、グラフより略2.0μm以下に設定すればよいことが判明する。上記絶縁体42の表面粗さRaについては、上部の電極構造30の上側絶縁体114(図1参照)についても同様に適用できるのは勿論である。

【0049】次に、耐熱性メタルシール部材のシール性向上のための変形例について、図13乃至図15も参照して説明する。一般に、絶縁体や電極部や冷却ブロックの表面は、相互間の接触性を良好にするためにラップ加

熱等により鏡面仕上げされて高い平滑状態となっている。図13は鏡面仕上げされた電極部の下面と絶縁体の上面とを模式的に示しており、両面の凹凸は非常に少なくなっている。しかしながら、石英ガラスやセラミック材よりなる絶縁体42の表面には、鏡面加工時に脱粒が発生して微小な切れ込み204が生ずる場合がある。この切れ込み204はアルミニウム製の電極部38側に発生する場合もある。そして、このような脱粒による切れ込み204が発生すると、耐熱性メタルシール部材66Aを介在させていても、この切れ込み204がリークパスとなってここより伝熱ガスが漏れ出てしまう場合がある。そこで、この実施例では、耐熱性メタルシール部材の表面、或いはこの耐熱性メタル部材が当接する部材の表面に、ウェハのプロセス温度の近傍にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜、或いは軟化金属層を形成している。

【0050】図14は耐熱性メタルシール部材66Aの表面に軟化金属膜206を形成した状態を示し、図15は耐熱性メタルシール部材66Aが当接する部材の表面に、すなわち、ここでは電極部38の下面及び絶縁体42の表面に軟化金属層208、208をそれぞれ形成した状態を示している。この軟化金属層208は、シール部材66Aに沿ってリング状に形成されていることになる。この軟化金属膜206及び軟化金属層208は、図2(D)を参照して説明したように、インジウムを用いることができるが、勿論これに限定されるものではない。

【0051】このように、軟化金属膜206或いは軟化金属層208を用いることにより、ウェハのプロセス中にこの材料が軟化して上記切れ込み204に侵入してこれを埋め込むように作用する(図14(B)及び図15(B)参照)。これにより、リークパスがなくなり、伝熱ガスが外部に漏れ出ることを防止することが可能となる。図15においては、軟化金属層208、208をシール部材66Bが当接する上下両面に設けているが、切れ込み204が発生する頻度が高い絶縁体42側のみに設けるようにしてもよい。また、図14に示す構造と、図15に示す構造とを組み合わせて用いるようにしてもよい。

【0052】次に、耐熱性メタルシール部材のフッ化ガスに対する耐腐食性を向上させるための変形例について図16も参照して説明する。この種の処理装置では、プロセス時、エッチング時或いはクリーニング時に、腐食性の強いフッ素系ガスを用いて処理を行なう場合があり、このフッ素系ガスが耐熱性メタルシール部材に接触すると、これを腐食させる場合が生ずる。そこで、本実施例ではこの腐食を防止するために、図16に示すように耐熱性メタルシール部材の表面に、フッ素系ガスに対して耐腐食性の高いフッ化不動体膜210を形成している。図16(A)に示す場合には、断面円形の耐熱性メタルシール部材66A(図2(A)と同じもの)の表面全体にフッ化不動体膜210を形成している。また、図16(B)に示す場合には、一部が開放された断面円弧状の耐熱性メタルシール部材66A-1(図2(B)と同じもの)であり、表側の表面と裏側の表面全体に、すなわち、フッ素系ガスと接触する可能性のある露出面全体に対してフッ化不動体膜210を形成している。先の図2(C)~図2(E)に示すシール部材66A-2、66A-3、66A-4の場合にも外側の表面のみならず、内側の表面全体にフッ化不動体膜210を形成する。これにより、このメタルシール部材66Aがフッ素系ガスにより腐食されることを防止して、この耐腐食性を向上させることができる。尚、このフッ化不動体膜210の形成については、他の全てのメタルシール部材66B、132A、132B(図1参照)にも適用できるのは勿論である。

【0053】次に、電極部38を支える支柱48の部分を改良してウェハ温度の面内均一性を向上させるための変形例について図17乃至図19を参照して説明する。図1に示すように下側電極部38を支持する直径4~5cm程度の支柱48は内部が中空になされており、この内部は大気開放されていたり、或いは密閉状態になされている。いずれにしても、この支柱48が接続される下側電極部38の中心部近傍は、冷却ブロック40が直下に位置していないので脱熱性が劣り、この下側電極部38の中心部近傍の温度は、その周辺部と比較して少し高目になる傾向となり、ウェハ温度の面内均一性を劣化させる原因となっている。そこで、本実施例では、この部分の脱熱を促進させるための気体プロワ手段を設けている。図17は支柱内に気体プロワ手段を設けた状態を示す図、図18は半導体ウェハの面内温度分布を示すグラフである。

【0054】図17に示すように、下側電極部38の中心部を支持する中空状の支柱48内には、その下方より気体プロワ手段220として気体噴射ノズル222が挿入されている。その上端の噴射口224は、電極部38の下面の直下、1cm程度の所に位置されており、電極部38の裏面中心部に、室温程度のN<sub>2</sub>ガスや空気などの気体を噴射して、この部分の脱熱(冷却)を促進させるようになっている。この噴射された気体は、支柱48の下端の排気ポート226より排出されるようになっている。この噴射ガスの温度は、予めある程度冷却しておいて脱熱効率を向上させるようとしてもよいが、過度に脱熱効率を上げると、電極部38の中心部の温度が低くなり過ぎて好ましくない。

【0055】図18は冷却プロワ手段の効果を示すグラフであり、冷却プロワなしの場合と冷却プロワありの場合(20リットル/minと40リットル/min)とを示している。ここで、冷却プロワ手段としては室温のN<sub>2</sub>ガスを噴射している。このグラフから明らかなよう

に、冷却プロワなしの場合は、ウェハ中心の温度は高くして周辺部が低くなり、ウェハ面内の温度差 $\Delta T$ は24°C程度にも達していて大きな温度差となっている。また、冷却プロワありで気体を40リットル/m inの流量を噴射している場合には、逆に脱熱が促進され過ぎてしまってウェハ中心部の温度が低くなり、この場合にもウェハ面内の温度差 $\Delta T$ は24°C程度にも達していて大きな温度差となっている。

【0056】これに対して、冷却プロワありで気体を20リットル/m inの流量を噴射している場合には、ウェハ中心部の温度は適宜に下がり、ウェハ面内の温度差 $\Delta T$ は15°C程度まで小さくなり、ウェハ面内の温度の均一性が良好な結果を示すことが判明した。このように、下側電極部38の下面中心部に気体プロワを吹き付けてこの部分の脱熱を促進させることにより、ウェハ面内の温度均一性を大幅に向上させることが可能となる。また、上記実施例では、気体プロワ手段220を設けて下側電極部38の中心部の脱熱を促進したが、これに代えて、或いはこれと併用して、図19に示すように、支柱48と冷却ブロック40との間に、例えばアルミニウム等の熱伝導性部材230を介在させて両者を接合するようにしてよい。尚、232はOリング等のシール部材であり、処理容器内の気密性を維持している。

【0057】これによれば、下側電極部38の熱がこの支柱48及び熱伝導性部材230を介して冷却ブロック40に伝達されるので、図18で説明した場合と同様に、下側電極部38の中心部近傍の脱熱性を高めて、ウェハ温度の面内均一性を高めることができる。尚、上記実施例においては、各伝熱空間をシールするため、図2に示すような耐熱性メタルシール部材66A、66B等を用いたが、これに限定されず、この伝熱空間自体をラビリンス構造として伝熱ガスが容易に逃げないような構造としてもよい。

【0058】具体的には、この点について、下側電極部38と下側絶縁体42との接合部を例にとって説明すると、図20及び図21に示すように下側絶縁体42の下面に、所定のピッチ、例えば数mm程度のピッチで、螺旋状或いは同心円状(図20に示す場合は同心円状)に幅2mmの微少な溝部150を形成する。そして、これと対向する下側絶縁体42の上面にも、上記凹凸状の溝部150に対応してこれに嵌め込むように凹凸状に微少な溝部152を形成する。そして、これらの表面の溝部150、152を図21(A)に示すように互いに嵌め込むことにより、ラビリンス状のラビリンス伝熱空間154を形成する。この場合には、耐熱性メタルシール部材を用いることなく、このラビリンス伝熱空間154に伝熱ガスをある程度封止することができる。

【0059】また、この場合、図21(B)に示すように、いずれか一方の面、図示例では下側電極部38のみに溝部150を形成し、これに対向する他方の面は、平

坦な状態としてもよい。この時形成されるラビリンス伝熱空間154は、図21(A)に示す程のシール性は確保できないが、この場合にも伝熱ガスをある程度封止することができる。また、上記実施例では、各加熱ヒータ部44、116をシースヒータで形成したが、これを他のヒータ、例えば抵抗金属をセラミックス内にパターン形成してなるセラミックスヒータ等で構成してもよいし、また、このヒータ部44、116を連続する一体物として構成するのではなく、図22に示すように、例えば中心側ヒータ部44Aと外周側ヒータ部44Bとに2分割してゾーン毎に個別に温度制御できるようにしてよい。また、セラミックスヒータの場合には、パターン幅を同心円状或いは渦巻状の途中で大きく、或いは小さくすることによりゾーン毎の発熱量の制御と同様なコントロールを行なうことができる。

【0060】更には、本実施例においては、各電極部38、110と冷却ブロック40、112との間にそれぞれ絶縁体42、114を設けたが、この絶縁体42、114を設けないで、各電極部38、110とそれぞれの冷却ブロック40、112とを直接接合させるようにしてもよい。この場合にも、両接合境界に同様な微少な伝熱空間が発生することになる。尚、この場合には、各電極構造と処理容器26との絶縁は、別の箇所で行なう。また、上記実施例ではプラズマCVD処理を例にとって説明したが、プラズマエッチング処理、プラズマスパッタ処理、プラズマアッシング処理及びプラズマを用いない熱CVD等にも適用することができる。プラズマを用いない熱CVD処理装置に本発明を適用した一例である処理装置が図23に示されている。尚、図中、図1に示す部分と同一構造の部分には同一符号を付してある。

【0061】ここでは、図1のガスノズル34に代えて、成膜ガス等の処理ガスを処理容器26内へ供給するシャワー・ヘッド部150を設けてあり、図1中の下部の電極構造28に代えて載置台構造152を設ける。この載置台構造152は、図1中の下側電極部38と同じ構造の載置台154と冷却ブロック40とよりなり、この両者間の伝熱空間62に耐熱性メタルシール部材66A、66Bを介在させている。ここでは高周波電源を用いていないので、当然のこととして、図1において設けられていた下側絶縁体42は不要である。この場合にも、図1に示した装置と同様な作用効果を発揮することができ、例えば伝熱空間のシール性を高く維持して伝熱ガスをそれ程消費することなく被処理体の温度を精度良く制御する等の効果を発揮することができる。そして、この高周波電源を用いていない載置台構造152及び上記ラビリンス伝熱空間154を用いている載置台構造にも、先に図6乃至図19を参照して説明した各態様の実施例を適用できるのは勿論である。更に、ここでは被処理体として半導体ウェハを例にとって説明したが、これに限定されず、LCD基板、ガラス基板等にも本発明を

適用することができる。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電極構造、載置台構造、プラズマ処理装置及び処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。本発明の電極構造によれば、200°C以上、例えば350～500°C程度の高温域においても、伝熱空間のシール性を高く維持して、伝熱ガスをそれ程消費することなく被処理体の温度を精度良く制御することができる。特に、耐熱圧力センサを用いて制御対象の伝熱空間やラビリンス伝熱空間の圧力を直接測定するようにした場合には、迅速に且つより精度の高い圧力制御を行なうことができる。また、本発明によれば、伝熱空間を区画する接合面の接触率を40～80%の範囲内に設定することにより、熱抵抗を過度に高くすることなく伝熱ガスを面内に略均一に流すことができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を改善することができる。また、本発明によれば、伝熱空間を区画する部材の表面粗さを2.0μm以下に設定することにより、熱伝導性を向上させることができ、被処理体の温度コントロール性を向上させることができる。また、本実施例によれば、耐熱性メタルシール部材の表面、或いはこれが接触する部材の表面にプロセス温度近傍で軟化する軟化金属膜、或いは軟化金属層を形成することにより、接触面に存在する脱粒等による切れ込みがプロセス時に埋め込まれ、伝熱ガスが逃げるリークパスが発生することを防止することができる。また、本発明によれば、耐熱性メタルシール部材の表面にフッ素系ガスに対する耐腐食性を高めることができる。また、本発明によれば、電極部或いは載置台を支える中空状の支柱内から電極部或いは載置台の裏面中心部に気体プロワを吹き付けることにより、この部分の脱熱を促進させることができ、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることができる。更に、本発明のプラズマ処理装置によれば、高温域においても、被処理体の温度を精度良く制御してプラズマ処理を行なうことができる。また、本発明の処理装置によれば、高温域においても、被処理体の温度を精度良く制御して処理を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を示す構成図である。

【図2】耐熱性メタルシール部材を示す断面図である。

【図3】本発明の電極構造（下側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。

【図4】耐熱圧力センサの概略構成図である。

【図5】本発明の電極構造（上側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。

【図6】絶縁体が反って変形する状態を説明するための説明図である。

【図7】絶縁体の熱伝導度と反り量（変形量）との関係を示すグラフである。

【図8】種々の幅のガス溝を部材の接触面に設けた時の各種の接触率を示す図である。

【図9】接触率に対する熱抵抗と温度分布のばらつきとの関係を示すグラフである。

【図10】下側電極部の下面と下側絶縁体の上面との間に形成される伝熱空間の一部をマイクロ的に拡大した模式図である。

【図11】図1に示す電極構造を模式的に示した図である。

【図12】絶縁体の表面粗さRaと熱抵抗との関係を示すグラフである。

【図13】鏡面仕上げされた電極部の下面と絶縁体の上面とを模式的に示す図である。

【図14】耐熱性メタルシール部材の表面に軟化金属膜を形成した状態を示す図である。

【図15】耐熱性メタルシール部材が当接する部材の表面に軟化金属層を形成した状態を示す図である。

【図16】耐熱性メタルシール部材の表面にフッ素系ガスに対して耐腐食性の高いフッ化不動体膜を形成した状態を示す図である。

【図17】支柱内に気体プロワ手段を設けた状態を示す図である。

【図18】半導体ウェハの面内温度分布を示すグラフである。

【図19】支柱と冷却ブロックとの間を熱伝導性部材で接合した状態を示す図である。

【図20】本発明の変形例の下側電極部の溝部を示す平面図である。

【図21】本発明の変形例のラビリンス伝熱空間を示す部分拡大断面図である。

【図22】加熱ヒータ部の変形例を示す図である。

【図23】本発明の処理装置の一例を示す構成図である。

【図24】プラズマCVDを行なう従来装置の一例を示す概略構成図である。

【符号の説明】

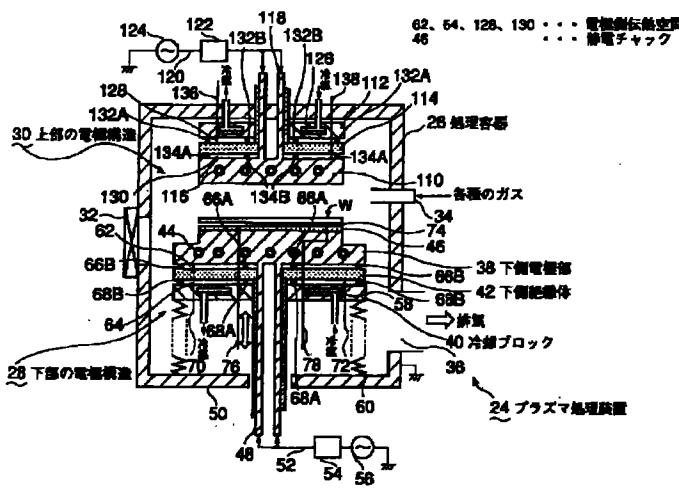
24 プラズマ処理装置

26 処理容器

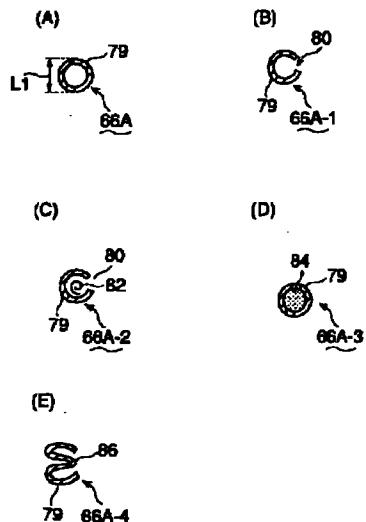
28, 30 電極構造  
 38 下側電極部  
 40 冷却ブロック  
 42 下側絶縁体  
 44 加熱ヒータ部  
 46 静電チャック  
 58 冷却ジャケット  
 62, 64 電極側伝熱空間  
 66A~66G, 68A, 68B 耐熱性メタルシール  
 部材  
 70, 72 ガス供給通路  
 74 チャック側伝熱空間  
 76, 78 ガス供給通路  
 79 耐熱性金属膜  
 84 低融点材料  
 94 電極側伝熱ガス供給手段  
 96 チャック側伝熱ガス供給手段  
 110 上側電極部

\* 112 冷却ブロック  
 114 上側絶縁体  
 116 加熱ヒータ部  
 124 プラズマ発生用高周波電源  
 126 冷却ジャケット  
 128, 130 電極側伝熱空間  
 132A, 132B, 134A, 134B 耐熱性メタルシール部材  
 136, 138 ガス供給通路  
 142 電極側伝熱ガス供給手段  
 154 ラビリンス伝熱空間  
 206 軟化金属膜  
 208 軟化金属層  
 210 フッ化不動体層  
 220 気体プロワ手段  
 222 気体噴射ノズル  
 230 热伝導性部材  
 \* W 半導体ウェハ(被処理体)

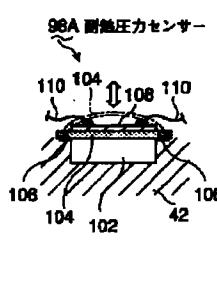
【図1】



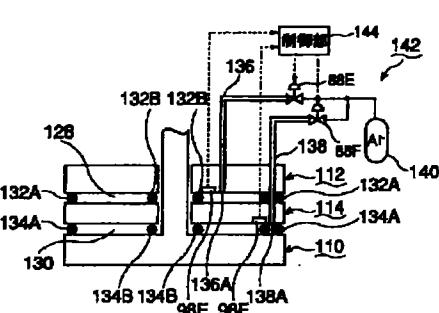
【図2】



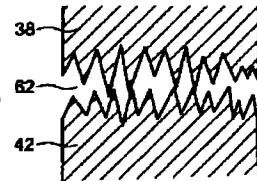
【図4】



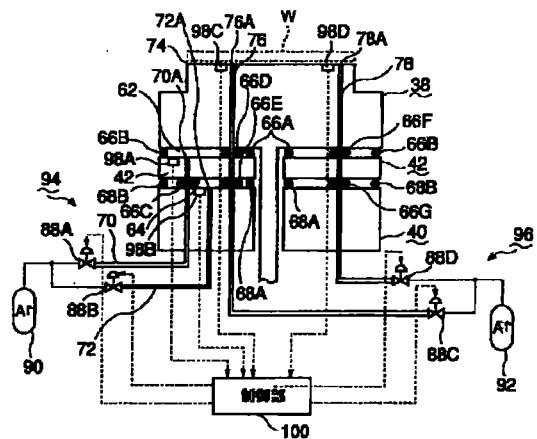
【図5】



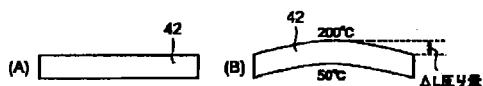
【図10】



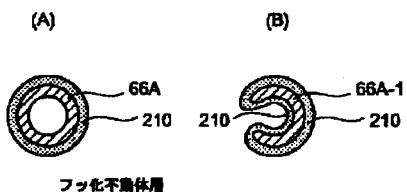
【図3】



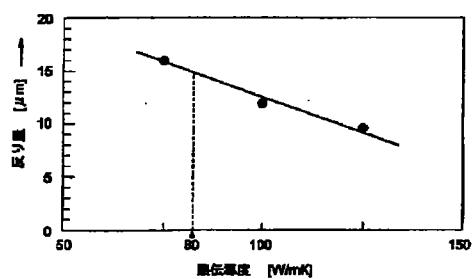
【図6】



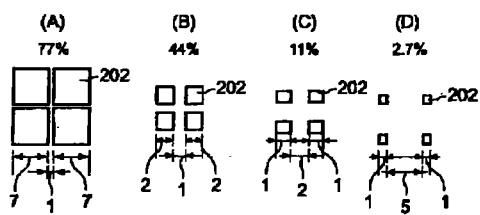
【図16】



【図7】

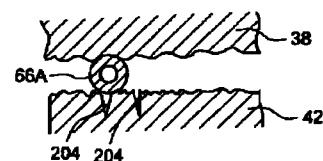
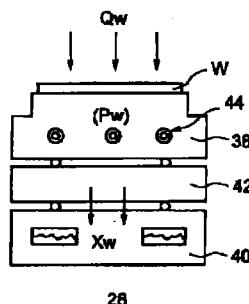
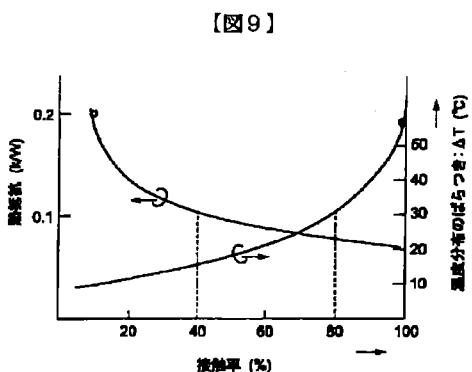


【図8】



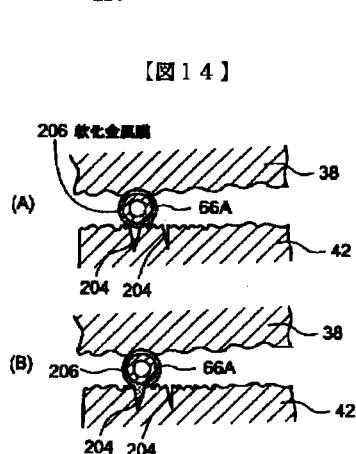
【図11】

【図13】

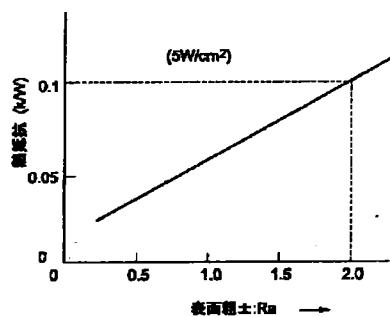


【図9】

【図14】

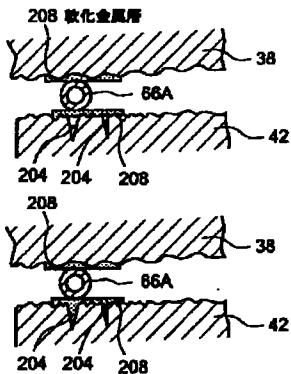


【図12】

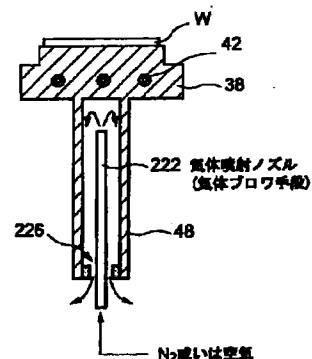


(A) (B)

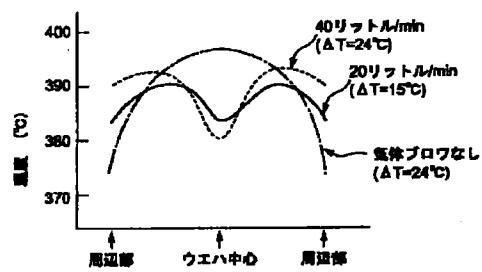
【図15】



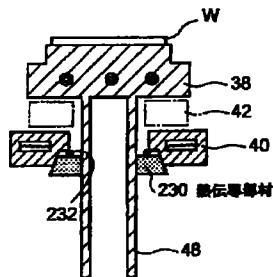
【図17】



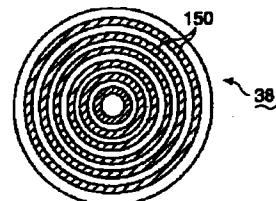
【図18】



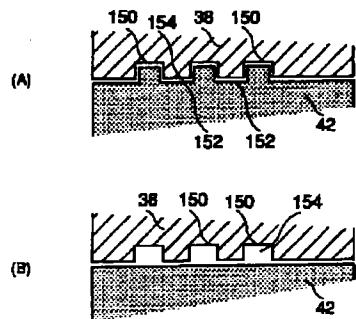
【図19】



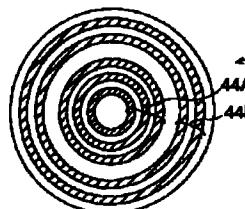
【図20】



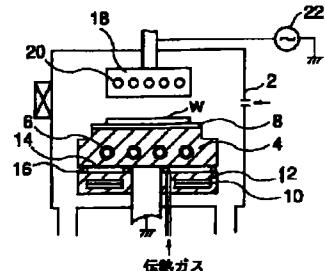
【図21】



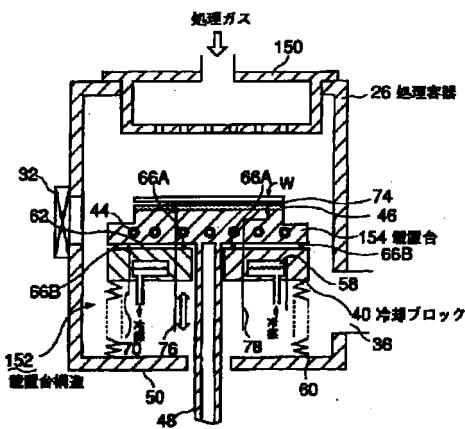
【図22】



【図24】



【図23】



フロントページの続き

(51) Int.CI.<sup>7</sup>  
H 01 L 21/31

識別記号

F I  
H 01 L 21/302

マーク (参考)  
B

(72)発明者 坪井 恭  
神奈川県津久井郡城山町町屋1-2-41  
東京エレクトロン宮城株式会社内

(72)発明者 天野 秀昭  
神奈川県津久井郡城山町町屋1-2-41  
東京エレクトロン宮城株式会社内